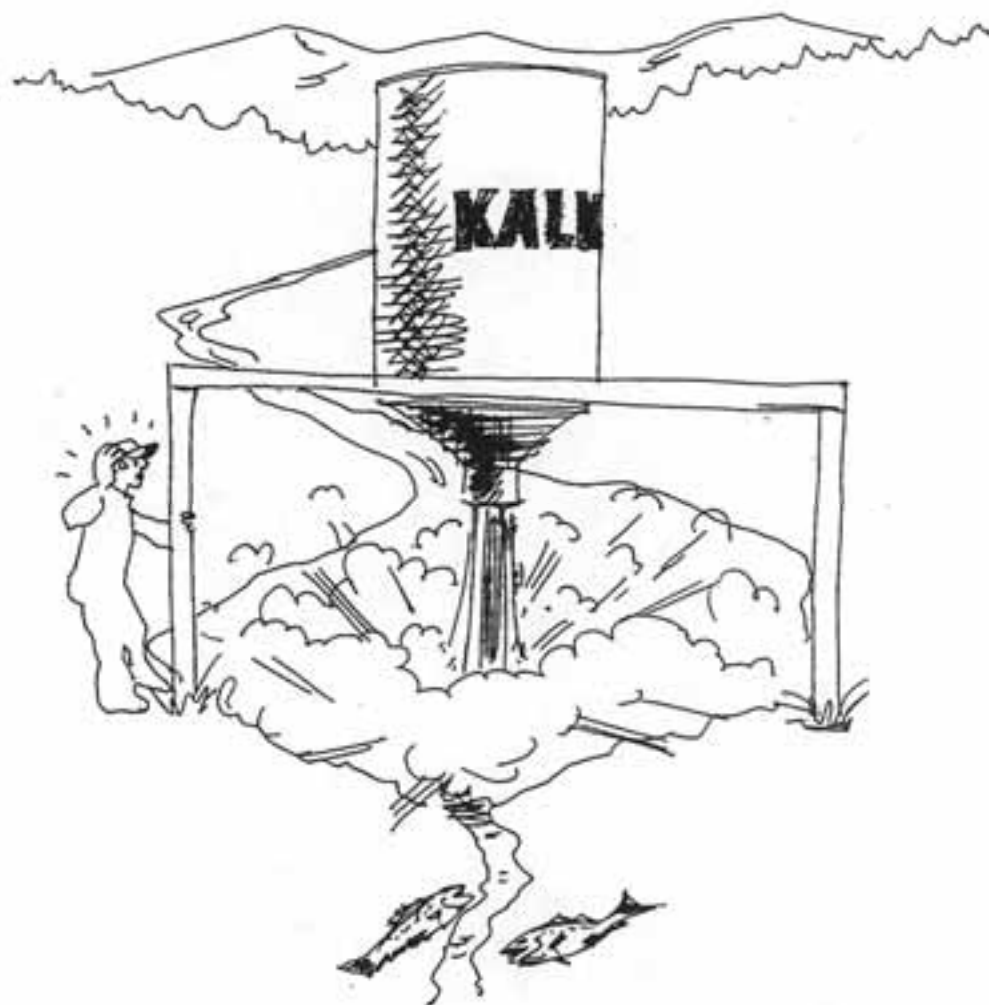




RAPPORT LNR 5050-2005

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget

Avviksrapport 2004



Illustrasjon: Petter Wang

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport 2004.	Løpenr. (for bestilling) 5050-2005	Dato 12.07.05
	Prosjektnr. Undernr. O-25033	Sider Pris 24
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) MANKALK	Oppdragsreferanse
-----------------------------	-------------------

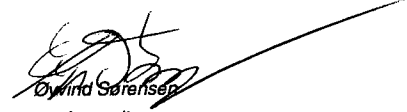
Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalselva er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Smeland kalkdoseringsanlegg hadde god driftssikkerhet. Imidlertid stoppet driftskontroll-loggeren for mange ganger på grunn av spenningssvikt. Håverstad doseringsanlegg hadde tilfredsstillende driftssikkerhet. Det ble periodevis levert noe lave doser fra anlegget ved ekstra lave vannføringer. Bjelland doseringsanlegg hadde for mange tilfeller av uriktige pH-målinger på grunn av mangelfull vannsirkulasjon i målekyveter. Doseringen var også unødvendig høy enkelte ganger da anlegget ble manuelt styrt. Vektene på Håverstad og Bjelland bør justeres. Logåna doseringsanlegg var preget av for mange funksjonsfeil. Strømstans, ødeleggelser ved tordenvær og tiltetting av vannsirkulasjonen til anlegget var de vanligste årsakene. Anlegget gikk også flere ganger tom for vannglass.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Vassdrag	1.
2. Kalkdosering	2.
3. Overvåking	3.
4. Måleteknikk	4.


Rolf Høgberget
Prosjektleder


Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder


Øyvind Sørensen
Ansvarlig

ISBN 82-577-4752-1

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg
i Mandalselva**

Avviksrapport 2004

Forord

Tidligere erfaringer har vist at kalkdoseringsanlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte produserer tilfeldig kalkdose til vassdragene som de betjener. Ettersom anleggene er kostnadskrevenne både i etablering og drift, er det avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er tilnærmet optimal. Ideelt sett innebærer dette full kontinuerlig drift uten uønskede stopp og at dosen til enhver tid verken er for lav eller høy i forhold til oppsatte mål.

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt. Dette systemet for driftskontroll ble etablert i Mandalsvassdraget i 1999 som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene i vassdraget, samt å være et ekstra prosessverktøy for operatører og annet personell i MANKALK. Det ble inngått en rammeavtale for virksomheten. Ny rammeavtale ble inngått 15. mai 2001. Denne inkluderer ansvaret for pH-målingsutstyr som prosessverktøy ved kalkingsanleggene.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun og Rolf Høgberget.

De årlige avviksrapportene gir en dokumentasjon av arbeidet med driftskontroll ved kalkingsanleggene i Mandalsvassdraget.

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen MANKALK, bestående av alle involverte kommuner i Mandalsvassdraget. Prosjektet støttes også av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder.

Grimstad, 12. juli 2005

Rolf Høgberget

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Driften av anleggene	8
2.1 Smeland	8
2.2 Håverstad	8
2.3 Bjelland	12
2.4 Logåna	15
3. Tiltak	21
3.1 Smeland	21
3.2 Håverstad	22
3.3 Bjelland	22
3.4 Logåna	23
4. Referanser	24

Sammendrag

Smeland doseringsanlegg hadde god driftssikkerhet i rapporteringsperioden. Driftskontroll-loggeren stanset mange ganger fordi den ikke hadde tilfredsstillende reserveforsyning av strøm (UPS). Anlegget doserte høyere doser enn normalt ved svært lave vannføringer. Vannføringskurven som er lagt inn i logger og styringsautomatikk bør sjekkes for feil.

Håverstad doseringsanlegg hadde tilfredsstillende driftssikkerhet. Imidlertid var det en del tilfeller da doseringen periodevis ble noe lav i forbindelse med raske reduksjoner i vannføringen. Kalkvekta på anlegget er ikke riktig kalibrert. Maksimalvekta blir derfor feil registrert. Anlegget doserte høyere doser enn innstilt ved lav vannføring.

Bjelland doseringsanlegg var preget av for mange tilfeller av unøyaktige signaler fra pH-meterne. Årsaken var mangelfull vanngjennomstrømming i målekyvettene. Om høsten måtte anlegget også styres manuelt fordi pH-målingene ikke fungerte som de skulle. Det var også tilfeller da vannstandsmåleren ikke fungerte som den skulle. For høy pH i elva ble tidvis observert da anlegget ble manuelt styrt.

Vekta på Håverstad og Bjelland bør kalibreres slik at også de høyeste vektene kan måles korrekt.

Logåna doseringsanlegg var preget av for mange funksjonsfeil. Det var mange mangler på signaloverføringen ved doseringsanlegget. En del av årsaken var mange svikt i strømtilførselen, men også ødeleggelse av måleutstyr og signalomformere på grunn av tordenvær.

Mangelfull vannsirkulasjonen på anlegget førte ofte til svikt i vanngjennomstrømmingen i målekyveta for pH-måling. Vannsirkulasjonen ble dårligere utover høsten, problemer oppsto da ved hver flom. Det må arbeides for å fjerne mest mulig av vannkretsene på anlegget. Teknisk sett bør det ideelt bare være en vannkrets, som må være pH-målingskretsen.

Dosene som måtte til for å nå pH-kravet var dobbelt så høye om høsten enn om våren. Dette indikerer langt surere vann i elva om høsten enn om våren.

Det ble registrert 3 tilfeller av tom beholdningstank. Det må derfor avtales bedre rutiner på bestilling av vannglass til anlegget.

Forholdet mellom vannstanden og vannføringen ved inntaksbrønnen bør sjekkes og eventuelt justeres i styringsautomatikken. Den nylig etablerte vannstandstaven på Nyvoll vil da fungere som referanse og gi de riktige vannføringer ved vannstandsavlesningene.

1. Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Bakgrunnen for utviklingen av systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige og til dels lite tilfredsstillende driftsresultater på de forskjellige kalkdoseringsanleggene.

Systemet er basert på registrering av kalkforbruk som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets beholdningstank (kalksilo) og vannføringen ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Høgberget og Hindar (1998).

Kalkdoseringsanleggene styrer i hovedsak doseringen etter to forskjellige prinsipper:

Vannføringsstyring: Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal avsyres og ønsket vannkvalitet fra en kalk-pH-titreringskurve. Doseringen er proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne dose målet med den faktiske dosen gitt av driftskontrollen, får man et mål på effektiviteten til anlegget.

pH-styring: pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget er koblet til doseringen av kalk slik at disse overstyrer signalene fra vannføringsstyringen. Ved å sammenligne det fastsatte pH-målet for den aktuelle strekning i elva med de faktiske målte pH-verdier vises effektiviteten til anlegget.

I Mandalsvassdraget er det montert driftskontroll på de tre største kalkdoseringsanleggene; Smeland, Håverstad, Bjelland samt et lite anlegg som doserer SiO₂ (vannglass) i Logåna. Anlegget på Smeland er vannføringsstyrt, mens anlegget på Håverstad skal være styrt av pH oppstrøms anlegget. Imidlertid har det vist seg at pH-målingene koblet til anlegget på Håverstad ikke har fungert optimalt (Høgberget 2000). Derfor styres anlegget for tiden som et vannføringsstyrt anlegg. Anlegget på Bjelland er styrt etter pH, både oppstrøms- og nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Logåna-anlegget doserer for tiden etter pH nedstrøms anlegget. Grunnlaget for driftskontrollen avviker minimalt fra de andre anleggene ved at det er volumberegning av beholdningstank og ikke vekt som er utgangspunktet for doseberegninger. Plasseringen av de fire doseringsanleggene i Mandalsvassdraget som er omtalt i denne rapporten, er vist på kart (**Figur 1**).

Det er tidligere utgitt følgende avviksrapporter for Mandalsvassdraget:

*oppstart av driftskontrollen i 1999 – 1. juni 2000 (Høgberget 2000)

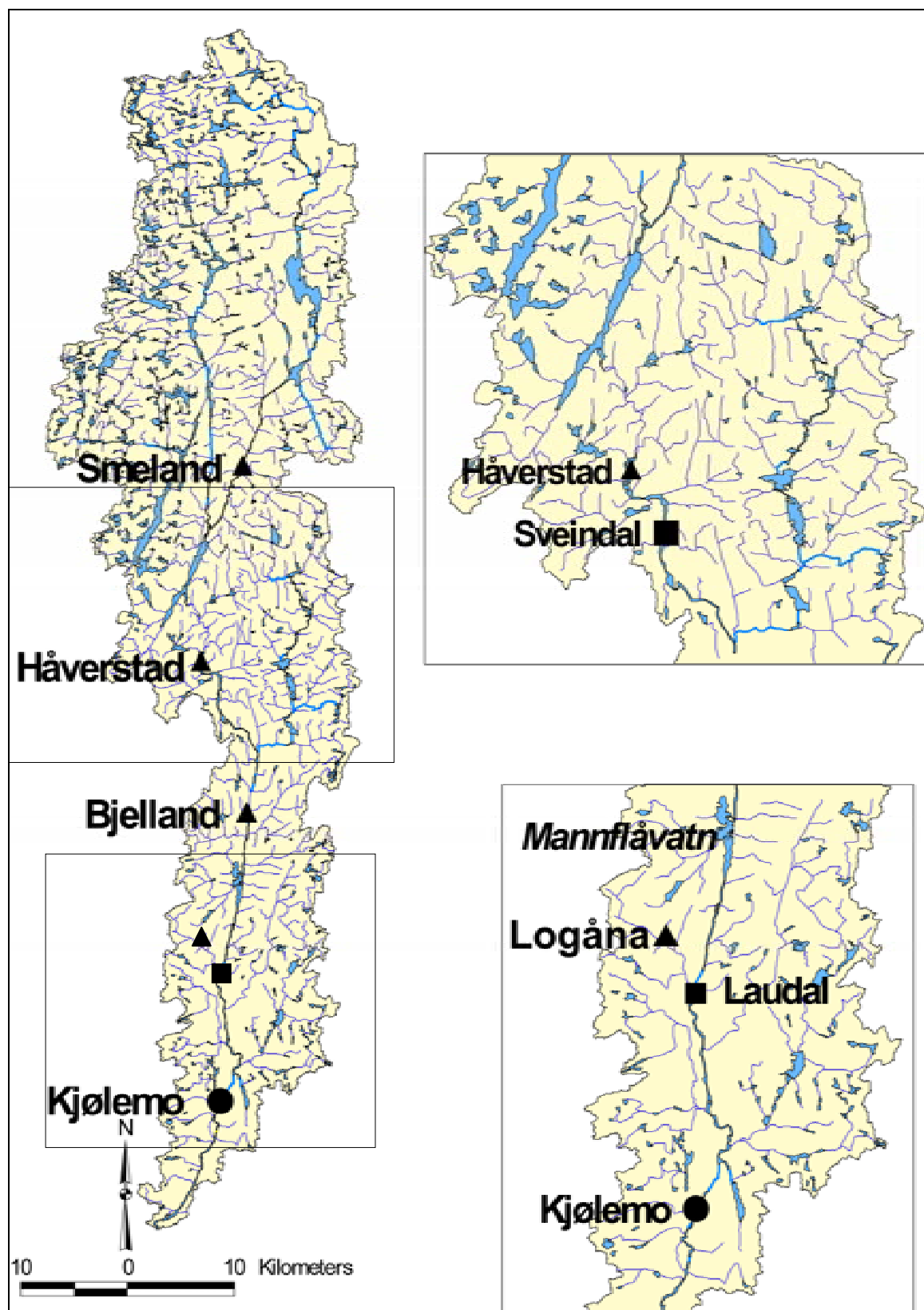
*1. juni 2000 – 1. juli 2001 (Høgberget 2001)

*1. juli 2001 – 31. desember 2001 (Høgberget 2002)

*1. januar 2002 – 31. desember 2002 (Høgberget m fl. 2003)

*1. januar 2002 – 31. desember 2003 (Høgberget 2004)

Denne avviksrapporten fra Mandalsvassdraget omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2004



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Mandalselva med utsnitt av to områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegg (triangler) og pH-målestasjon (sirkel). Øvrige stedsnavn er merket med kvadrater.

2. Driften av anleggene

2.1 Smeland

Øverst i Mandalsvassdraget ligger kalkdoseringsanlegget Smeland (**Figur 1**). Dette anlegget er et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg. Et slikt anlegg skal kalke med fast dose. Den teoretiske kalkdosen for anlegget på Smeland er gitt som $\geq 1 \text{ g kalksteinsmel/m}^3 \text{ vann}$. Ved driftskontroll registreres dosen som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets kalkbeholdning (kalksilo) sammenholdt med vannføring ved kalkingstidspunktet. Kalkdoseringsanlegget er plassert nedstrøms et kraftverk som døgnregulerer vannføringen forbi doseringsanlegget. Vanlig utvikling gjennom et døgn har lavest vannføring tidlig på morgenen, deretter en fordobling utover dagen. Maksimum vannføring nås om ettermiddagen da det normalt er ca $25 \text{ m}^3/\text{s}$ forbi kalkdoseringsanlegget.

Det ble registrert mange stopp i driftskontroll-loggeren i avviksperioden (**Tabell 1**). Årsaken til dette var at loggeren ikke var tilkoblet UPS (reserveforsyning av strøm). Dermed stoppet loggeren ved strømstans. Problemet var kjent, og operatøren satte på UPS i mars. Likevel fortsatte problemene. Årsaken var at UPS-utstyret ikke fungerte slik det skulle. Det var til sammen 28 dager uten driftskontroll på anlegget.

Tabell 1. Antall dager uten logging i driftskontroll-systemet. Mange strømstanser på anlegget stoppet loggeren.

Dato	Dager uten driftskontroll-logg
11.02.2004	6,8
20.03.2004	4,1
04.06.2004	0,4
04.08.2004	7,4
14.09.2004	1,8
06.10.2004	7,5

Doseringen stoppet tre ganger i perioder lengre enn en arbeidsdag (8 timer). Dette var tre og en halv dag fra 22. februar, ca. en dag 4. mai og ca. to dager fra 27. september.

Anlegget doserte i lange perioder etter et doseringskrav på 2 g/m^3 . Da ga anlegget en dose som varierte fra $1,4$ til $1,8 \text{ g/m}^3$. Anlegget leverte disse dosene i tiden fra 1. januar til 4. juni og fra 21. juni til 23. august. Fra 4. juni til 21. juni var doseringskravet $1,5 \text{ g/m}^3$. Da var den reelle doseringen høyere (ca $2,5 \text{ g/m}^3$). Fra 23. august og ut året var også doseringskravet $1,5 \text{ g/m}^3$, men da var den reelle dosen lav, og lå på ca $1-1,1 \text{ g/m}^3$. Årsaken kan være at vannføringen var vesentlig lavere i juni. Den var da $6-9 \text{ m}^3/\text{s}$, mens høstsituasjonen var preget av den normale kjøringen fra kraftstasjonen som ofte gir vannføringer mellom 15 og $25 \text{ m}^3/\text{s}$, varierende med døgnet. Dette mønsteret ble avbrutt av enkelte flomsituasjoner.

2.2 Håverstad

Kalkdoseringsanlegget på Håverstad ligger mellom anleggene på Smeland og Bjelland (**Figur 1**), på en tange mellom utslagstunnelen fra Håverstad kraftverk og det gamle elveløpet. Anlegget er et pH-styrt kalkdoseringsanlegg. Det vil si at pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget styrer doseringen av kalk. Imidlertid har det vist seg at det oppstår bakevje-effekter i elvevannet ved dette doseringsanlegget. Kalket vann trekkes oppover det gamle elveløpet og passerer inntaksbrønnen

oppstrøms anlegget. pH-målingen oppstrøms anlegget blir dermed påvirket av utdosert kalk fra kalkdoseringsanlegget. Det er derfor uegnet som styringsverktøy for kalkdoseringen. For å unngå problemet er pH satt til en fast verdi (pH 4,7) slik at pH-forandringene overstyres. Anlegget kan da fungere som et vannføringsstyrt anlegg, med dosering av fast dose i forhold til vannføringen.

Det var ingen stans i driftskontroll-loggingen i rapporteringsperioden.

Doseringsanlegget stoppet i en periode over 8 timer bare ved ett tilfelle. Det var 3. oktober, da anlegget sto i 18 timer. Dette resulterte i at pH oppstrøms Bjellandsanlegget ble redusert til pH 5,7 for en kortere periode (8 timer). Årsaken til stansen var at anlegget gikk tom for kalk enda kalken var bestilt i god tid. Kalken ble bestilt 3 dager før beholdningstanken gikk tom. Forholdet ble tatt opp med fylkesmannens miljøvernnavdeling.

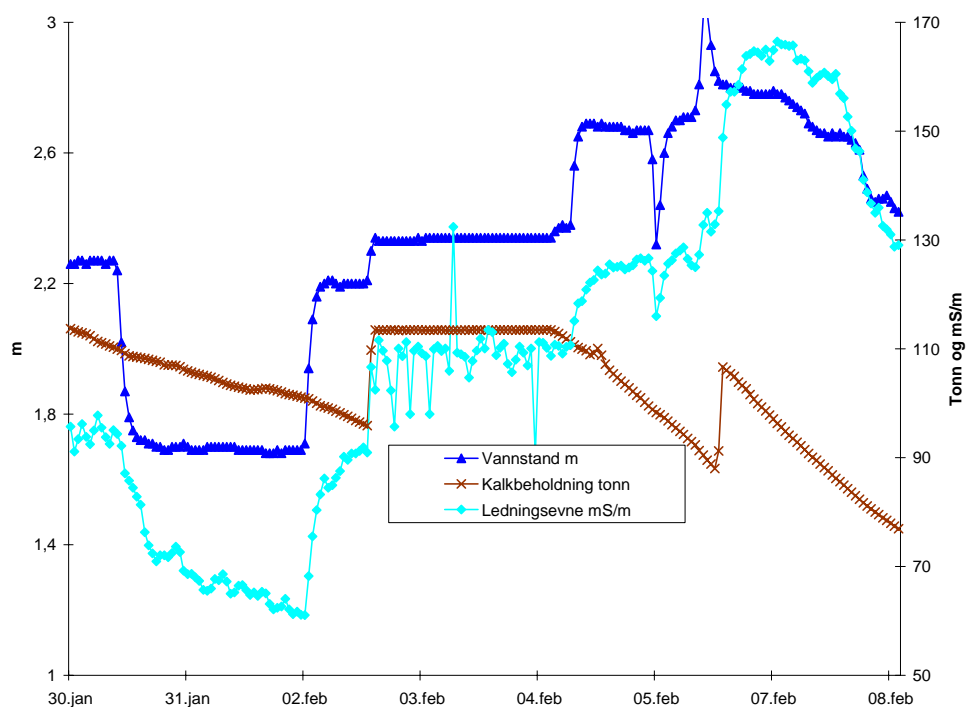
Den 2. februar sto vektangivelsen på samme verdi i ca to dager. Det var da også "stivt" signal både på dosering og vannstand. Dette indikerer at det kan ha vært en defekt i overføring av måldata. (**Figur 2**). Det var umulig å avlese nøyaktige veiedata to ganger som følge av at vekta oversteg maksimal avlesingsverdi på måleinstrumentet (124 tonn). Dette var den 4. og 17. juni. Vannstandssignalet var også ute av funksjon den 12. mai og 30. august i henholdsvis 11 og 21 timer.

Det var flere episoder da det virket som om doseringen var ustabil, og delvis stoppet opp i forbindelse med kraftverkets tilbakeholdelse av vann. **Figur 3** viser en slik tilstand. Imidlertid varte disse tilstandene aldri lenge.

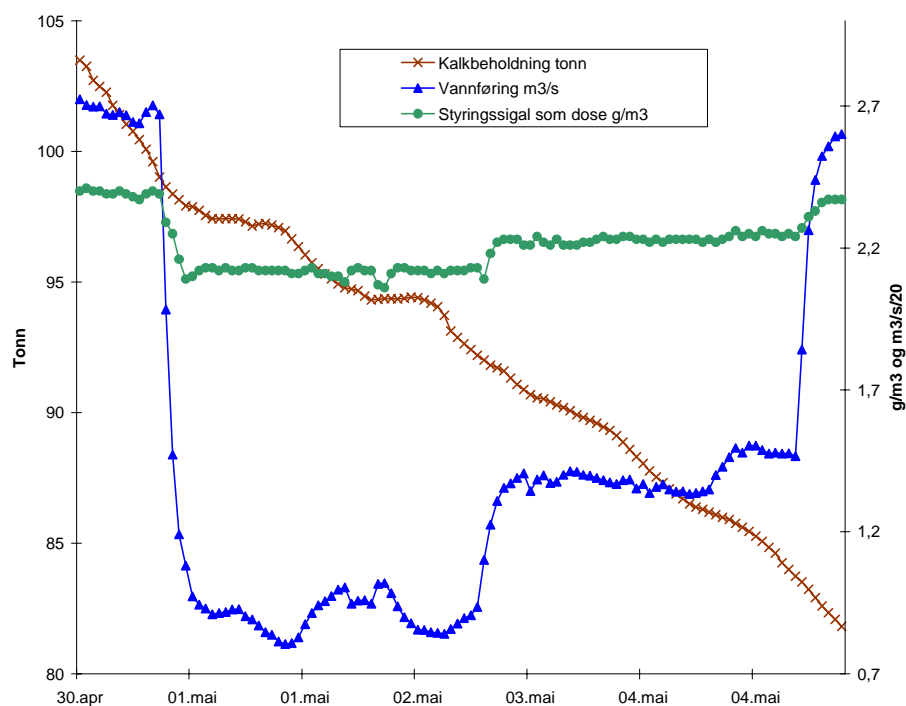
Fylkesmannens Miljøvernnavdeling ønsket vanntemperaturdata fra Håverstad i forbindelse med krypsiv-problematikken i elva. Derfor ble vanngjennomstrømmingen i pH-målingskyvetta sjekket selv om ikke pH ble benyttet som styringsparameter på anlegget. Temperaturdata for året preges likevel av lange perioder med feil. Feil måleverdier ble registrert i 2 uker fra 13. januar og fra 9. november og ut året. Foruten disse klart avlesbare tidene, var det en periode om sommeren da forholdet ikke var lett å avlese på grunn av høy temperatur i elva slik at temperaturen ble målt i samme området som romtemperaturen der målekyvetta var plassert, (se **Figur 4**).

Det ble dosert ca 80% av innstilt dose. Forholdet er normalt for dette anlegget. Imidlertid var reell dose lik den innstilte dosen i en lang periode fra midt i mai til slutten av juli. Fra 27. juli til 16. august var dosen høyere enn innstilt. Til dels store forskjeller oppsto i tiden 27. juli til 3. august, da den reelle dosen gjennomsnittlig var på 3 g/m³ når den skulle være 0,6 g/m³. Dette var en tid med spesielt lav vannføring forbi anlegget, (15 m³/s).

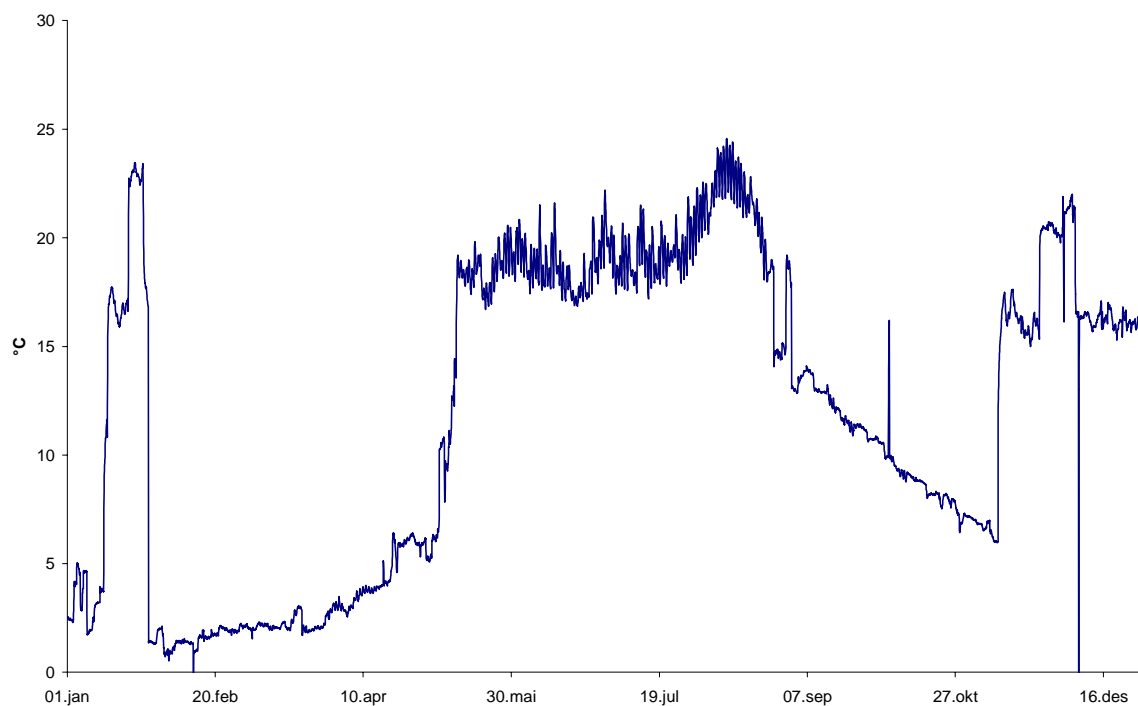
Kalkdosene varierte fra 0,4-3 g/m³. Innstillingen ble foretatt manuelt. De er gjengitt i **Figur 5**.



Figur 2. Vannstand, kalkbeholdning og ledningsevne i blandekaret på Håverstad doseringsanlegg i februar 2004. Figuren viser en tilstand uten reelle verdier på vannstand og beholdning. Imidlertid viser ledningsevnen at det ble dosert kalk fra anlegget.



Figur 3. Vannføring, kalkbeholdning og styringssignal som dose på Håverstad doseringsanlegg i mai 2004. Figuren viser hvordan beholdningsavtaket midlertidig stoppet opp to ganger i forbindelse med redusert vannføring. Dette indikerer at anlegget stoppet, eller nær stoppet ved disse tidspunktene.



Figur 4. Vanntemperatur ved Håverstad doseringsanlegg i 2004. Det var lange perioder da temperaturen ikke viste riktig på grunn av stillstand i målekyveta slik at romtemperatur der kyveta var plassert, ble målt istedet.



Figur 5. Styringssignal som dose på Håverstad doseringsanlegg i 2004. Figuren viser hvordan dosene stadig ble forandret etter behov. Det var gjennomgående lave doser om sommeren.

2.3 Bjelland

Kalkingsanlegget på Bjelland ligger nedenfor Smeland og Håverstad (**Figur 1**) og styrer mesteparten av vannkvaliteten på lakseførende strekning (Bjelland–Kjøleemo). I praksis vil ønsket vannkvalitet i denne sammenhengen bety ønsket pH-verdi. Anlegget på Bjelland er derfor pH-styrt, og doserer kalk etter pH-verdiene som registreres oppstrøms- og nedstrøms doseringsanlegget.

Fylkesmannens miljøvernavdeling har fastsatt pH-mål gjennom året (teoretiske grenseverdier for pH) for lakseførende strekning i Mandalsvassdraget slik: 15/2-31/5: pH 6,2 og 1/6-14/2: pH 6,0 (DN 2002). Generelt er det ofte ønskelig med en dosering som gir pH litt over det fastsatte målet for å ha noe bufferkapasitet i forhold til eventuelle forsurende forhold nedstrøms anlegget. pH-kravet på anlegget blir satt høyere enn pH-målet for elva.

Det var en stans i driftskontroll-loggingen i rapporteringsperioden. Det var 6. desember, da loggeren sto i 13 timer.

Signaler for vannstand og kalkvekt var noen ganger ikke tilgjengelig. Disse situasjonene er gjengitt i **Tabell 2**. Til sammen var det en uke uten disse signalene. Noen ganger ble det registrert merkelige vannstandsverdier en tid forut for at dette signalet forsvant. **Figur 6** viser et av disse tilfellene.

Tabell 2. Antall dager uten signaler fra verken vannstand eller kalkvekt, til sammen 7 dager.

Dato	Dager uten signaloverføring
20.04.2004	0,6
10.05.2004	1,1
15.06.2004	0,7
18.06.2004	3
02.08.2004	1,9

Kalkvekta gikk over maksimalt avlesbar verdi to ganger i rapporteringsperioden. Det var 26. mars og 29. juli. Vekta viste da 116 tonn selv om innholdet var tyngre.

Verdier for pH oppstrøms anlegget forsvant fra loggen den 30. august, og var borte en dag. Det var mange stans i vanngjennomstrømmingen til pH-kyvetta både oppstrøms og nedstrøms anlegget (**Tabell 3**). Til sammen var pH-målingene ikke oppdatert på grunn av manglende vannsirkulasjon i 36 dager. På grunn av dårlig funksjon på vanntilførselen til pH-måling oppstrøms anlegget, ble det byttet pumpe i slutten av august. Driftskontrollørene har loggført 7 tilfeller der det ble meldt fra til operatøren om manglende gjennomgang i målekyvetta.

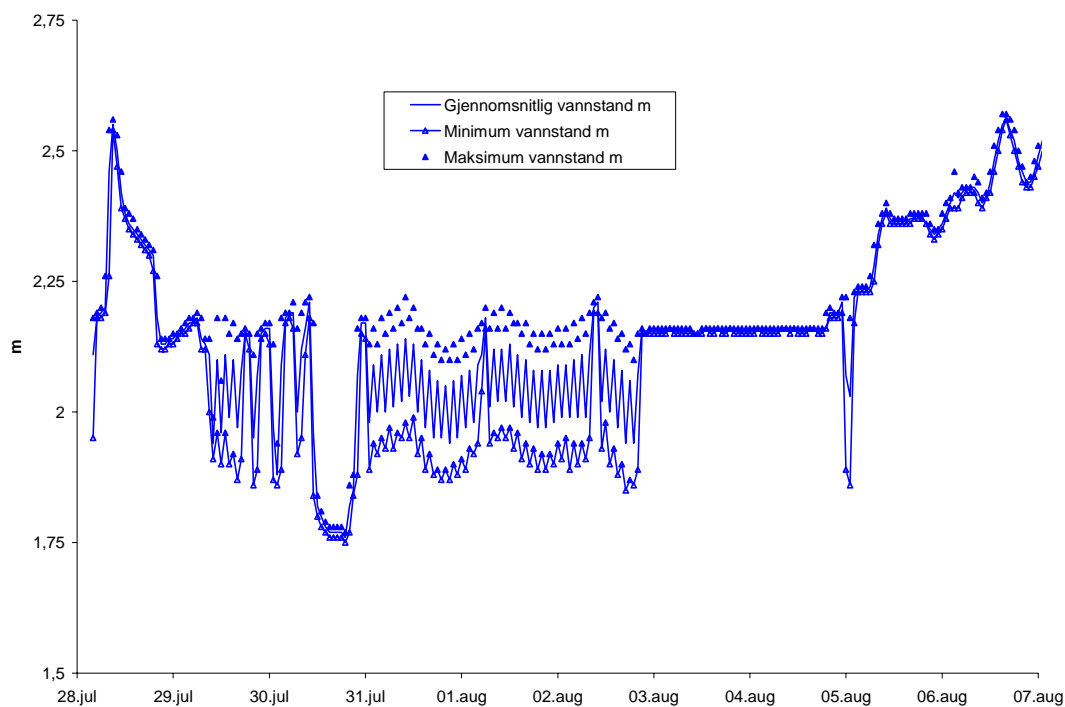
Tabell 3. Tid uten gjennomstrømming i målekyvete for pH-måling. Det var totalt 36 dager uten korrekte målinger som følge av stillestående målevann. * = delvis gjennomstrømming.

Dato	Dager uten gjennomstrømming i målekyvete	
	pH oppstrøms doserer	pH nedstrøms doserer
03.02.2004		5,8
04.02.2004	1,8	
26.03.2004		4,6
06.05.2004		5,4
15.06.2004	1,7	0,9
25.07.2004		8,1*
05.08.2004		14,1*
20.08.2004	4,2	
28.08.2004	1,4	
30.08.2004	1,3	
13.09.2004		0,4
15.09.2004		0,6
05.10.2004	1,6	
08.10.2004	0,6	
21.10.2004		0,7
16.11.2004	5,5	
27.12.2004		0,4

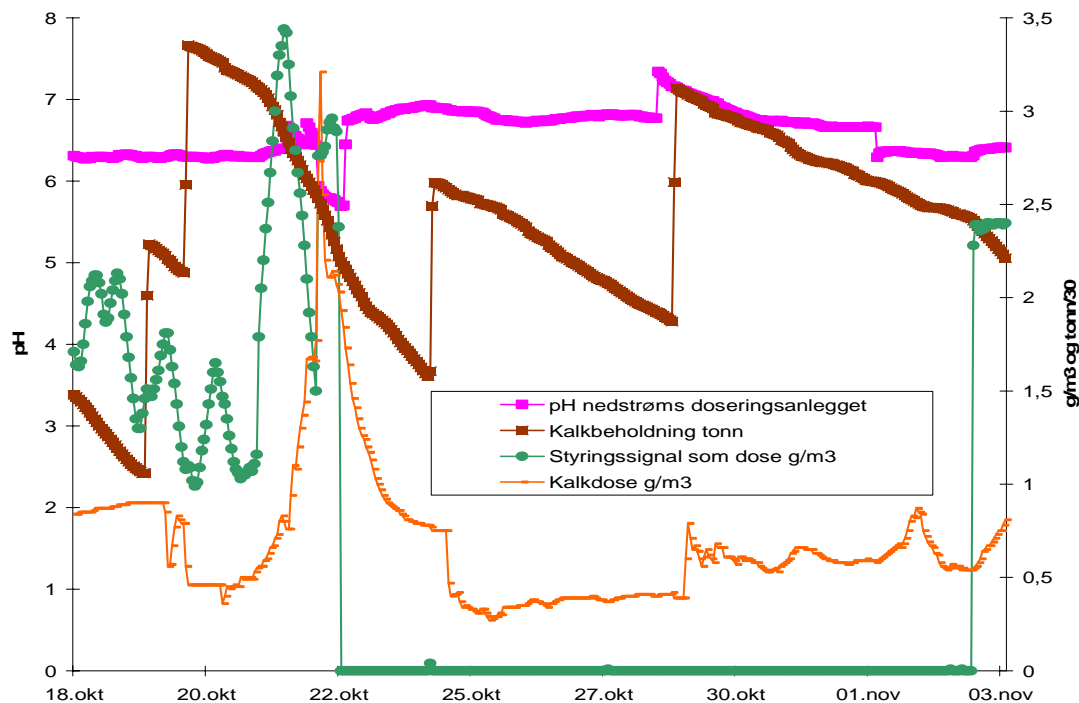
pH var tidvis under målet for den lakseførende strekningen av elva i tiden 15. februar til 3. mars. Deretter fulgte en periode på ca. en uke med høye nok verdier før pH igjen ble målt delvis under ønsket mål. Dette ble målt på den automatiske pH-overvåkingsstasjonen ved Kjølemo og varte til 23. mars. Ved Bjelland ble det målt lave verdier i litt over 4 dager fra 26. mars. Laveste verdi ble da målt til pH 6,0. En periode på 2,5 dager fra 20. april ble det også målt for lave verdier på Bjelland. Laveste verdi var da pH 6,0. På Kjølemo ble det målt pH 5,9 den 25. juni. Dette var også under pH-målet. I Ingen av de observerte tilfellene var det imidlertid store avvik fra de ønskete mål.

Det ble målt høyere pH oppstrøms- enn nedstrøms anlegget ca 6 uker i august. Dette tyder på mangelfull kalibrering. Nye elektroder ble sendt 30. august. Etter at disse ble montert, opphørte forholdet.

Siste uka i oktober ble det målt svært høye pH-verdier . Verdiene var over pH 6,9 nedstrøms anlegget. Det ble da ikke gitt automatisk signal om dosering, likevel doserte anlegget (se **Figur 7**).



Figur 6. Vannstanden på Bjelland doseringsanlegg i august 2004. Figuren viser at vannstandssignalet var meget ustabil i forkant av at det falt helt ut. Dette forløpet gjentok seg også ved andre tilfeller da signalet utfalt. Årsaken til forholdet er ukjent.



Figur 7. pH nedstrøms Bjelland kalkdoseringsanlegg, kalkbeholdning på anlegget og kalkdoser i elva. Figuren viser en situasjon der styringssignalet viste ingen dosering. Den reelle dosen var imidlertid 0,5-1 g/m³. Avtaket i kalkbeholdning viser også tydelig at det ble dosert kalk. Anlegget ble styrt manuelt etter en fast dosering. Dette førte til at pH ble alt for høy i elva.

2.4 Logåna

Logåna er en periodisk sur sideelv til Mandalselva. Den er laks- og sjøørretførende, men på grunn av store variasjoner i surhetsgraden, har det vært vanskelig å vedlikeholde en stabil fiskebestand. Det har også forekommet massiv fiskedød flere ganger i forbindelse med ekstreme forsuringsepisoder. Elva har tidligere vært kalket ved hjelp av kalkdoseringsanlegg.

Høsten 2002 ble Logåna doseringsanlegg etablert. Det er et pH-styrt anlegg for dosering av vannglass (SiO_2). pH-meteret er plassert nedstrøms doseringspunktet. Det er også vannføringssignal tilkoblet anlegget for å kunne gi optimal dosering ved behov. Siden det i lange perioder ikke er nødvendig å avsyre elvevann, gir anlegget ingen kontinuerlig dose, men justerer raskt doseringen til valgt pH-krav ved forsuringsepisoder. pH-kravet for Logåna doseringsanlegg var i tiden denne rapporten omhandler satt til pH 5,9.

Det mangler data fra driftskontroll-loggeren i 14 dager fra 15. januar. Årsaken var at en innsamlingsfil ble ødelagt ved lagring. Da det skulle hentes ny fra loggeren, hadde denne mistet sitt styringsprogram, og måtte "bootes" på nytt. Loggeren stoppet også ved strømsstans 26. mars. Den ble startet igjen 29. mars.

Det var mange svikt i signaloverføringen fra sensorene for pH, vannstand og tanknivå. Til sammen var det 47 døgn da minst et av disse signalene uteble (**Tabell 4**). Mange av disse problemene skyldes svikt i nettspenningen til anlegget. I **Tabell 5** vises en oversikt over de tilfellene der strømmen var borte i mer enn 8 timer. De tilfellene der vannstanden ikke ble korrekt avlest i januar og februar skyldes isdannelser i inntaksbrønnen. pH-meteret sviktet 10. mai under ett tordenvær. Da ble også signalomformerne som lager styringssignaler ødelagt. pH-meteret sviktet også 18. juni og var ute av drift i nesten 10 dager. Da sviktet signalomformerne igjen, og satte anlegget ut av normal drift om sommeren inntil det ble foretatt service 9. august. Det var høy pH i Logåna den tiden anlegget var ute av drift, med unntak av 6. august, da pH sank til 5,6 under en liten flom. Anlegget ga noe vannglass selv om styringssystemet var defekt, og motvirket på denne måten noe forsuring, (se **Figur 8**).

Tabell 4. Antall dager uten signaler fra en eller flere sensorer til driftskontroll-loggeren på Logåna doseringsanlegg.

Dato	pH	Vannstand	Tanknivå
01.01.2004		8,8	
31.01.2004		3,5	
29.02.2004		9,9	
10.05.2004	14		
18.06.2004	9,7		1,4
17.07.2004			0,3
07.10.2004	0,3	0,3	0,3

Tabell 5. Antall dager uten strøm på anlegget på grunn av svikt i strømmettet, utslag på jordfeilbryter eller sikringsutfall.

Dato	Antall dager uten strøm
30.03.2004	2,7
07.05.2004	0,4
18.07.2004	1,8
17.08.2004	8,8
06.10.2004	1,3

Det var stans i vanngjennomstrømmingen til målekyveta i tider over 8 timer 12 ganger i løpet av rapporteringsperioden. Til sammen utgjorde dette 28 dager uten korrekte pH-målinger. Problemene økte utover høsten. En periode i oktober stanset vanntilstrømmingen ved hver flom. Dermed ble det umulig å gi de rette doseringene, (se **Figur 9**). Den 25. mars stoppet gjennomstrømmingen i 6 dager på grunn av pumpevikt. Ny pumpe ble satt i drift 2. april. Det ble loggført informasjon fra driftskontrollens personell til operatøren om svikt i vanngjennomstrømming 13 ganger i løpet av året. Tilfeller med svikt i vanngjennomstrømmingen over 8 timer er gjengitt i **Tabell 6**.

pH var lavere enn målet 11 ganger i løpet av året. Disse tilfellene er gjengitt i **Tabell 7**. Til sammen var det ca 17 dager med for lav pH i elva. Det første tilfellet skyldtes at motorvern Bryteren på doseringspumpa var slått ut slik at den stoppet. Ved to tilfeller gikk anlegget tomt for vannglass før ny forsyning ble levert. Ved den første av disse tilfellene ble pH redusert til 5,0 i 22 timer (**Figur 10**).

Styringsautomatikken ble ødelagt av tordenvær ved flere anledninger. Dette var da årsak til manglende dosering.

Den 25. august var årsaken til lav pH at en vannglass-slange på doseringsanlegget var presset ut av sitt koblingspunkt. Det måtte rørlegger til for å rette på feilen. pH-meteret viste ved dette tidspunktet meget lave verdier (laveste verdi pH 5,1), men disse var, i følge operatøren, feil. Utover høsten ble det registrert en del tilfeller av for lav dosering selv om doseringssignalet lå høyt. pH ble dermed redusert. **Figur 11** viser to typiske episoder der det ble for lav dosering i forhold til kravet.

Vi hadde også en del problemer om sommeren da det var vanskelig å opprettholde kontakt med loggeren over telenettet.

Tabell 6. Antall dager uten vanngjennomstrømming i målekyveta for måling av pH nedstøms Logåna doseringsanlegg.

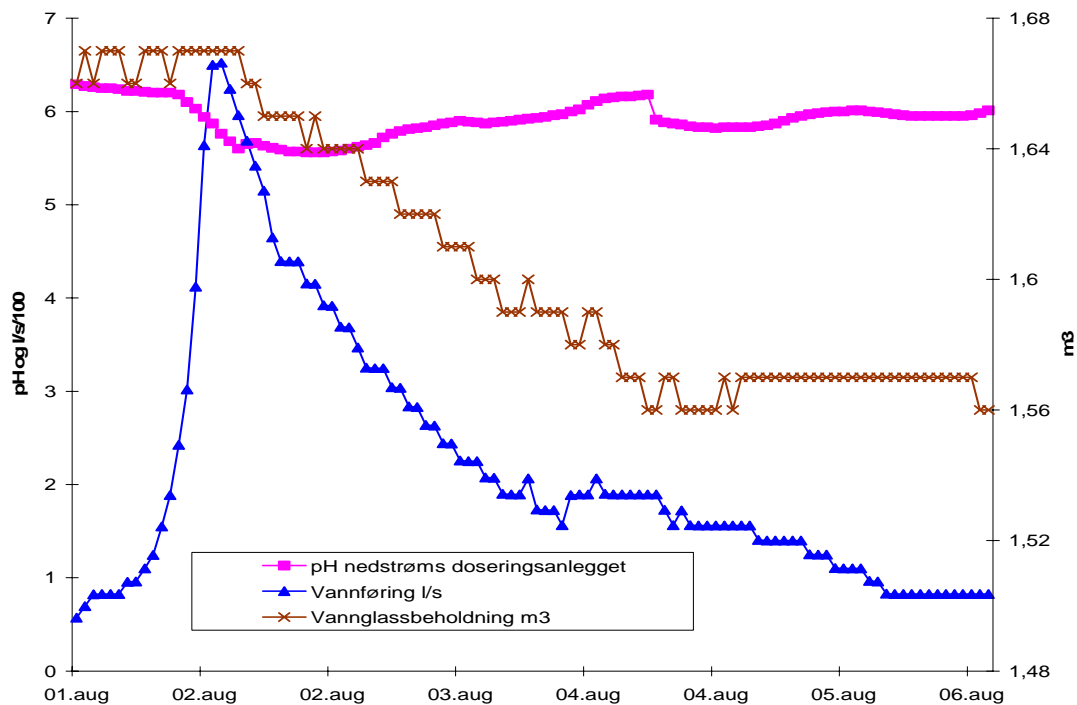
Dato	Dager uten vanngjennomstrømming
09.01.2004	5,1
04.02.2004	3,8
09.02.2004	7
14.03.2004	1,9
25.03.2004	6
25.08.2004	1
30.08.2004	2,7
21.09.2004	1
04.10.2004	2,8
16.10.2004	2,3
21.10.2004	3
25.10.2004	1,4

Tabell 7. Dager med for lav pH i forhold til det kravet som ble satt for doseringen fra Logåna doseringsanlegg.

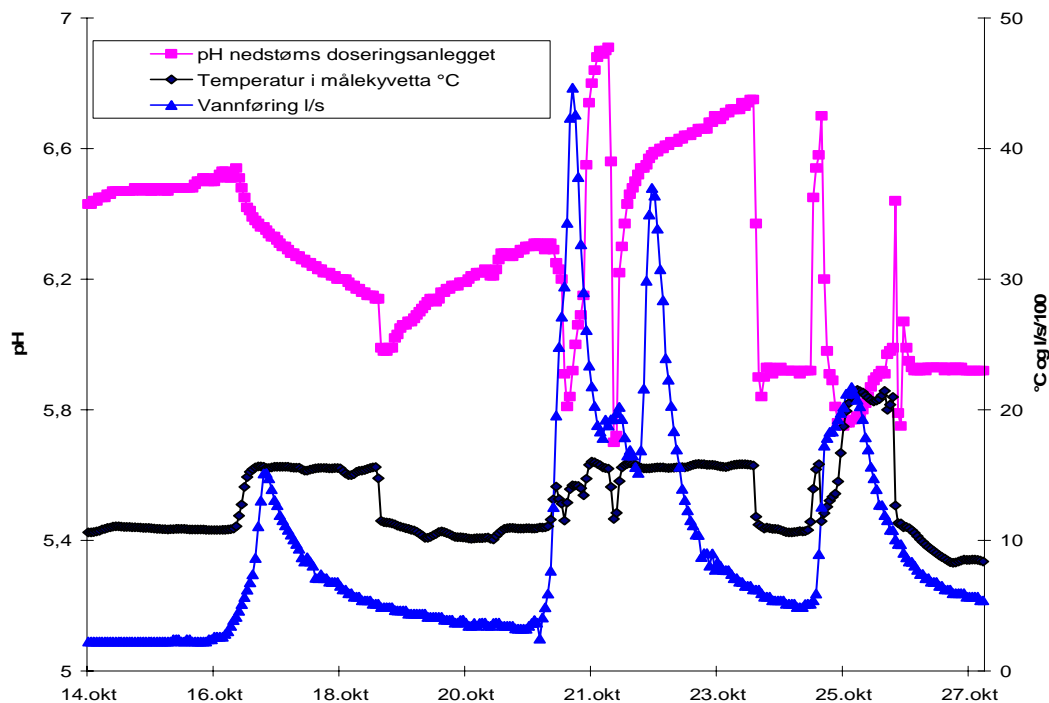
Dato	Dager under pH-målet	Laveste verdi	Årsak
04.02.2004	3,3	5,4	Pumpestopp
17.03.2004	0,9	5	Tom beholdningstank
01.04.2004	2,5	5,7	Ingen doseringssignal
02.08.2004	1,8	5,6	Ødelagt automatikk
20.08.2004	1,3	5,7	Ingen doseringssignal
25.08.2004	2,4	?	Signalet ok, ingen dosering
30.08.2004	0,6	5	Signalet ok, for lav dosering
02.10.2004	0,5	5,6	Signalet ok, for lav dosering
04.10.2004	0,4	5,5	Signalet ok, for lav dosering
15.12.2004	0,7	5,7	Signalet ok, for lav dosering
24.12.2004	2,4	5,5	Tom beholdningstank

Dosene som ble levert fra anlegget ble satt etter et pH-krav på 5,9. Dette resulterte i svært varierende doser, avhengig av behovet. Gjennomgående var det lavere doser om våren (maksimumdose 8-13 g/m³) enn om høsten. Gjennomsnittlig maksimumsdoser høsten 2004 var 21 g/m³. Eksempler på vår og høstflom vises i **Figur 12** og **Figur 13**.

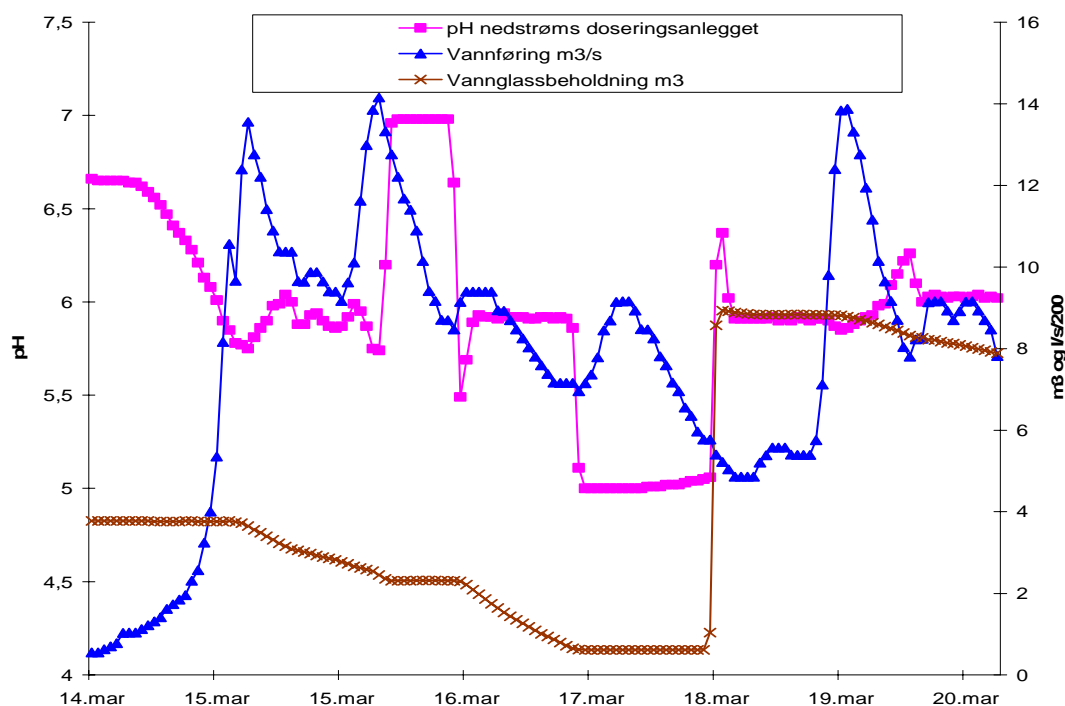
Det ble registrert to tilfeller av diffus utlekking fra beholdningstanken ved høyt tanknivå. Dette var 19. mars og 17. august.



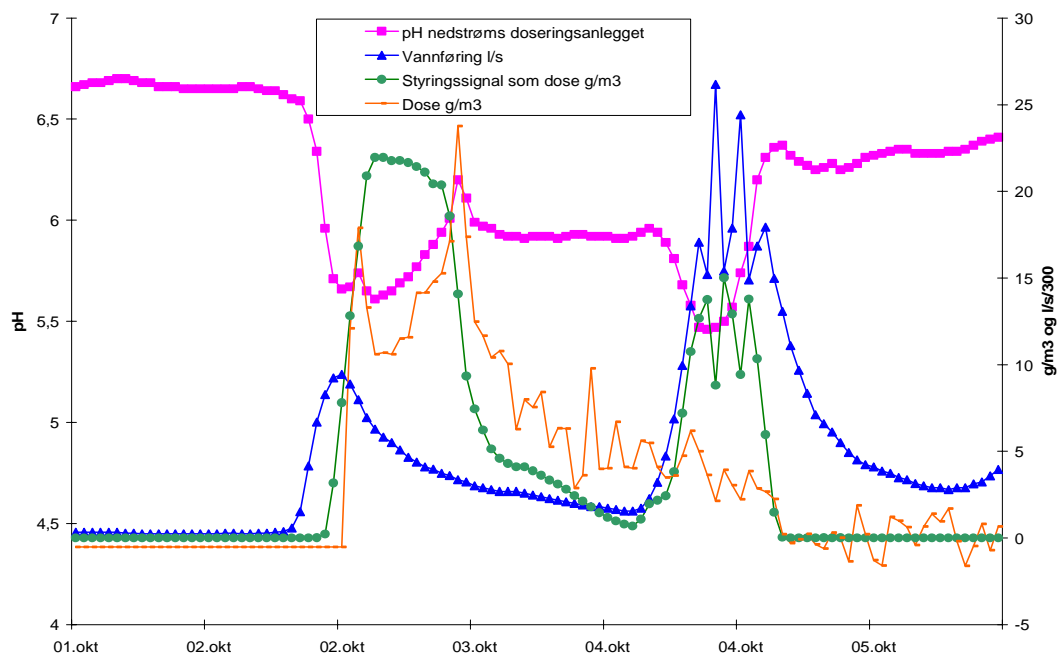
Figur 8. Vannføring, vannglassbeholdning og pH nedstrøms Logåna doseringsanlegg i august 2004. En flom førte til surt vann. Årsaken var at styringsautomatikken var defekt. Anlegget doserte likevel noe vannglass (ca 100 liter). Dette var imidlertid alt for lite til å unngå lav pH.



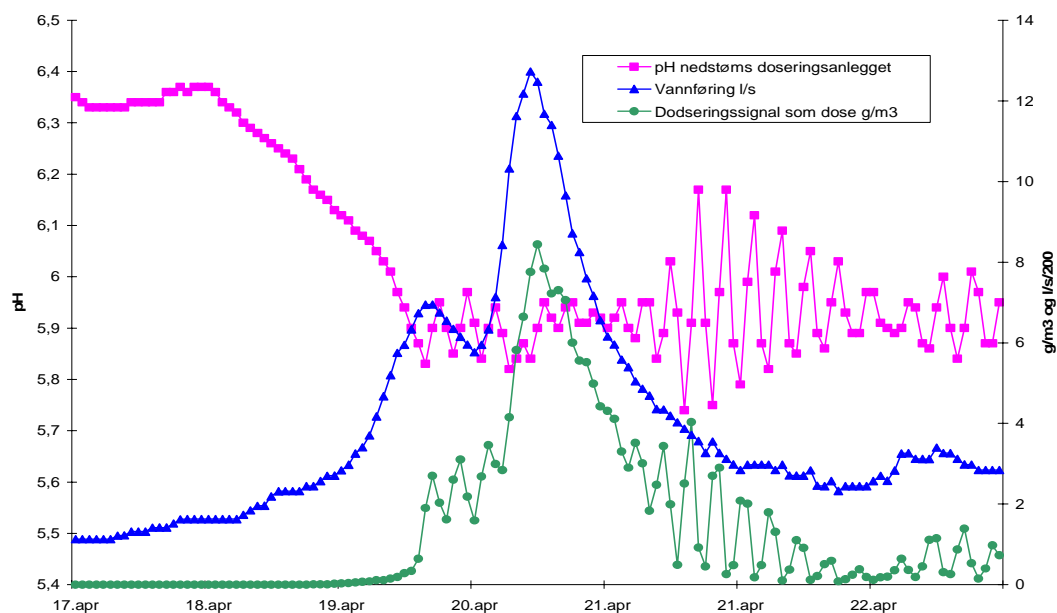
Figur 9. Temperatur og pH i målekyveta for måling av pH nedstrøms Logåna doseringsanlegg, og vannføring forbi anlegget i oktober 2004. Figuren viser at det ble høy temperatur hver gang det ble flom i elva. Det var stillstand i vanngjennomstrømmingen. Dette førte til at pH ikke viste den faktiske forsuringsutviklingen i elva. Doseringen ble da også feil.



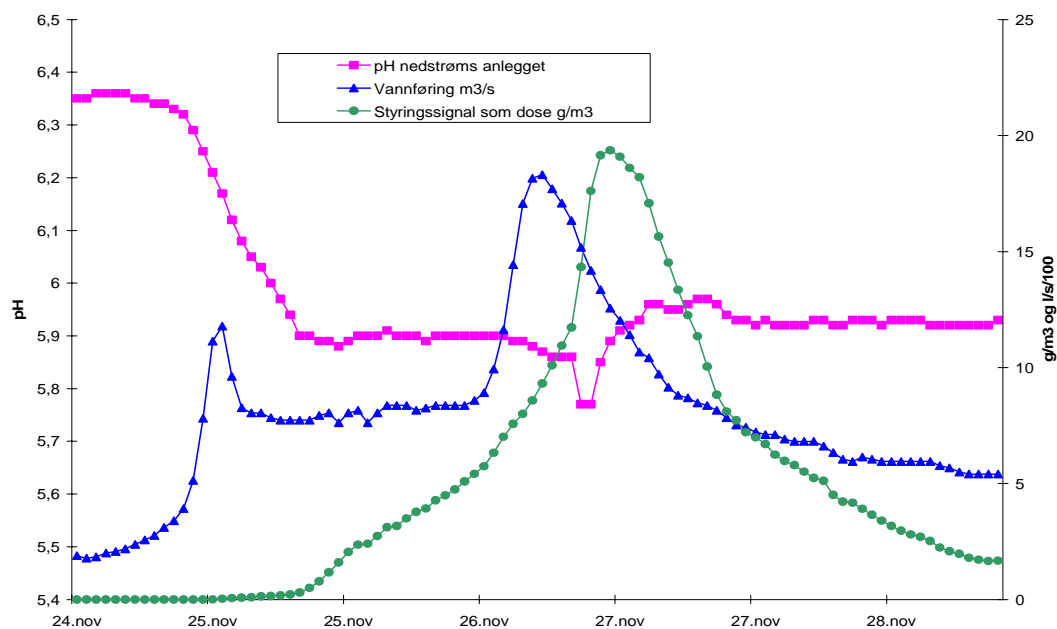
Figur 10. pH nedstrøms Logåna doseringsanlegg, vannglassbeholdning og vannføring ved anlegget i mars 2004. Figuren viser to perioder med stopp i doseringen. Første gang 16. mars, da feil oppsto slik at pH ble over 7 i målekyveta. Batterispenningen gikk samtidig noe ned. Dette tyder på stopp i strømtilførsel. Det er mulig at vannglass da trengte inn i målekyveta. Slike situasjoner er tidligere beskrevet (Høgberget 2004). Andre gangen var da beholdningstanken ble tom for vannglass. pH ble da 5,0.



Figur 11. pH nedstrøms Logåna doseringsanlegg, vannføring og dose tilført elva. Styringssignalet viser at det ble gitt elektronisk beskjed om økte doser, men driftskontrollens utregete doser viser at det ble levert langt lavere doser enn ønskelig.



Figur 12. pH nedstrøms Logåna doseringsanlegg, vannføring og styringssignal som dose tilført elva i april 2004. Figuren viser at doseringen har vært moderat for å oppnå riktig pH-resultat. Styringssignalet har hatt noe treg reaksjon slik at bølgeeffekt ble resultatet. Dette har sannsynligvis sammenheng med noe treg gjennomgang i målekylvetta. (Styringssignalet var omtrent identisk med driftskontrollens dose i dette tilfellet).



Figur 13. pH nedstrøms Logåna doseringsanlegg, vannføring og styringssignal som dose tilført elva i november 2004. Figuren viser at doseringen var betydelig større enn om våren for å oppnå samme pH-resultat, (se Figur 12).

3. Tiltak

3.1 Smeland

Det bør monteres en UPS som sikrer driftskontroll-loggeren strømforsyning ved strømsstans. Denne bør være så stor at den kan opprettholde loggefunksjonen i flere døgn. På den måten blir vi sikret starttidspunktet på anlegget etter en driftsstans som følge av strømbrudd. Intervaller uten dosering blir dermed synliggjort.

Dosene fra anlegget økte til mer enn innstilt dose da vannføringen minket til 6-9 m³/s. Det normale for anlegget er at det gir mindre enn innstilt (Høgberget 2002). Ideelt bør dosen være det samme, enten det er høy eller lav vannføring. Variasjonen i dose med vannføring kan komme av forskjellig registrering av vannføringen. Imidlertid skal den samme kurven være gjeldende, både på driftskontroll-loggeren og på anlegget. Vannføringstabellen som driftskontroll-loggeren benytter er gjengitt i **Tabell 8**.

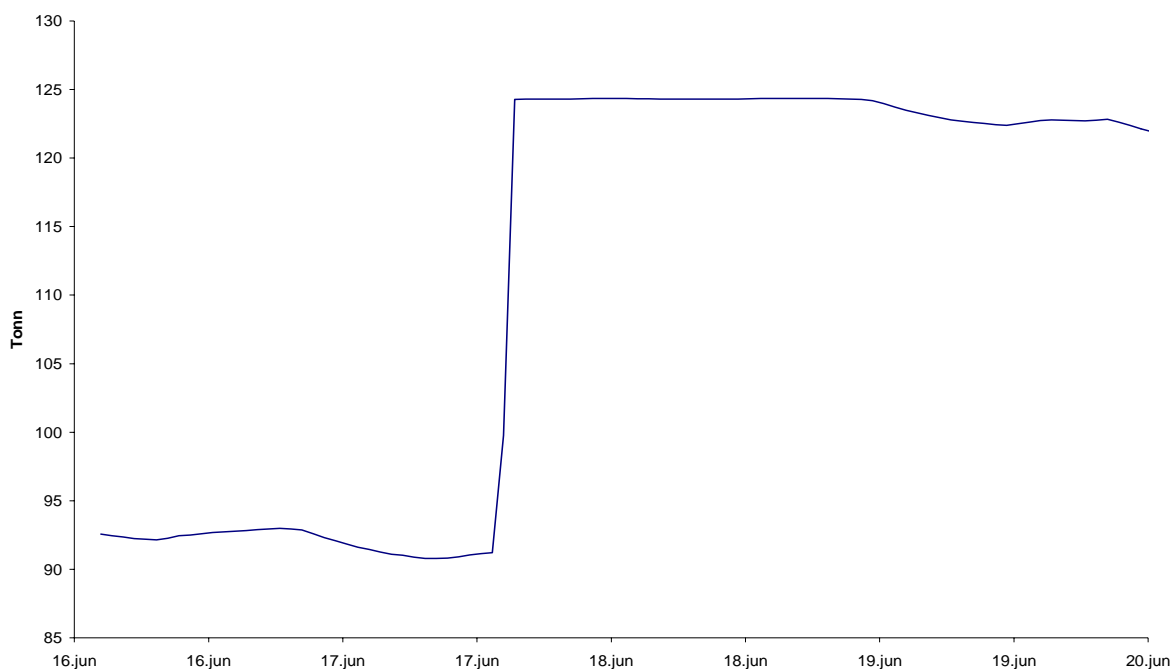
Tabell 8. Vannstand og vannføring ved Smeland doseringsanlegg. Denne tabellen benyttes i driftskontrollen av doser fra anlegget.

Vannstand m	Vannføring m ³ /s
0,4	0
0,5	0,036
0,6	0,302
0,7	1,05
0,8	2,54
0,9	5,05
1	8,59
1,1	11,5
1,2	14,9
1,3	18,7
1,4	22,9
1,5	27,4
1,6	32,4
1,7	37,8
1,8	43,6
1,9	49,7
2	56,3
2,1	63,2
2,2	70,5
2,3	78,2
2,4	86,3
2,5	94,7
2,6	104,0
2,7	113,4
2,8	123,1
2,9	133,3
3	143,9
3,1	154,8
3,2	166,2
3,3	178,0
3,4	190,2
3,5	202,7

3.2 Håverstad

Fordelene med styring etter pH-nedstrøms anlegget er tidligere beskrevet. Det er øyensynlig ingen interesse for å iverksette de tiltak som må til for å sette anlegget i riktig modus i forhold til denne opprinnelige planen. Dette innebærer at pH-meteret må monteres slik at det måler riktig pH i kalket vann. Punktet har vært med fra den første avviksrapporten ble levert, og kommer nå ikke til å bli gjentatt flere ganger.

Fjorårets avviksrapport kunne ikke dokumentere forbedringer i vektavlesningen som følge av justering foretatt i 2003. Denne rapporten viser imidlertid at de samme justeringsfeil fortsatt gjelder (**Figur 14**).



Figur 14. Vektavlesningene i juni 2004 fra Håverstad doseringsanlegg. Det er umulig å avlese vekter større enn 124 tonn.

3.3 Bjelland

I over en måned av året fungerte ikke pH-målingene slik de skulle fordi det manglet vanngjennomstrømming i målekylvetter. Anlegget fungerte i denne tiden ikke optimalt, fordi forandringer i vannkvaliteten ikke kunne detekteres gjennom pH-målingene. Mulige forbedringspunkter må vurderes, slik at mer kontinuitet i pH-målingene kan oppnås.

Det var også lang tid med feil verdier fra pH-måling nedstrøms anlegget. Etter at den nye vanninntaket ble etablert, er det ikke lenger noen grunn til å mistenke at pH oppstrøms anlegget blir påvirket av lokalt tilsigsvann. Dermed er det et klart tegn på feil da pH måles høyere oppstrøms enn nedstrøms anlegget. En slik tilstand fikk vedvare i 1,5 måned før det ble gjort tiltak for å rette på feilen.

Styringssignalet vises fortsatt ikke når anlegget kjøres etter manuelle innstillinger. Dette begrenser vår oppfølging noe, og punktet er tatt opp gjennom avviksrapportene flere ganger tidligere. Kalkvekta kan ikke veie over 116 tonn. Den burde også vært kalibrert. Disse to punktene bør være med i gjøremålslista ved neste service-runde på anlegget.

3.4 Logåna

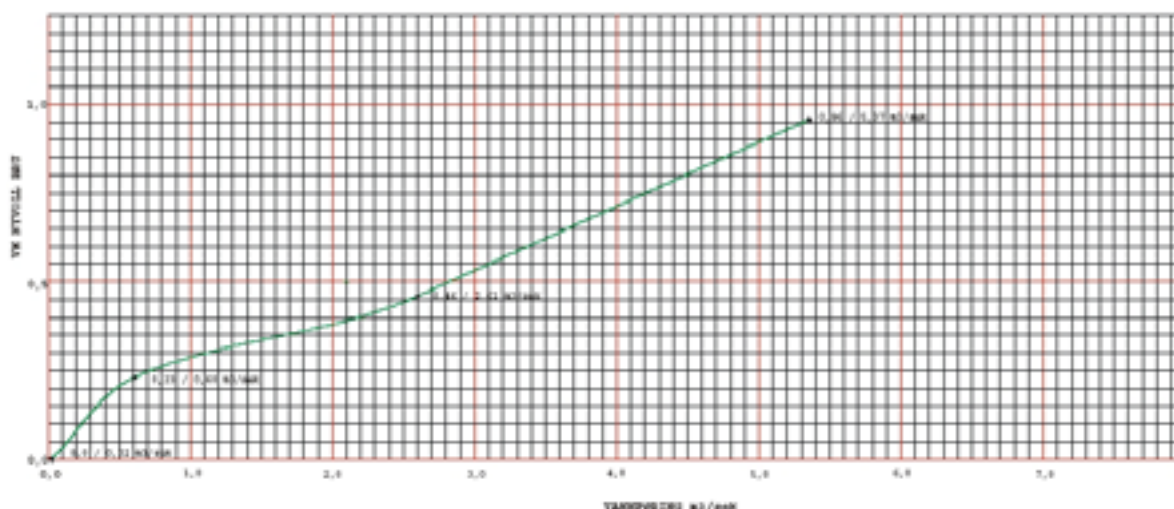
I denne rapporteringsperioden gikk beholdningstanken tom for vannglass tre ganger, hvorav to av disse førte til forsurening av elva. Fra forrige avviksrapport gjentas derfor at det bør bli bedre organisering omkring leveranse av vannglass. Maksimal beholdning i tanken er 10 m^3 . Dette er tilstrekkelig til ca 3 perioder med dosering ved flom. Det vil i praksis si at beholdningen ikke bør bli særlig lavere enn halvfull. I følge vannglass-leverandøren er det uproblematisk å levere små kvanta vannglass. Vannglass leveres rutinemessig til industrien i Kristiansand. Det kan da lastes slik at småkvanta kan leveres til anlegget i Logåna. Dersom man bestiller mindre mengder vannglass pr. gang, vil sannsynligvis transportkostnadene gå opp. Dette må likevel ikke være til hinder for å sikre et forsvarlig beredskapslager i beholdningstanken.

Problemene omkring tilstopping av vannkretsen fortsatte også i denne rapporteringsperioden. Problemet vil ikke opphøre før man fjerner vannpumpene i kretsen. Egen vannkrets til pH-måling er ennå ikke etablert pr 31. desember 2004 slik som foreslått (Høgberget 2004).

Problemene med utlekking av vannglass gjennom doseringspumpa har i følge leverandøren sin årsak i manglende funksjon på tilbakeslagsventilen ved pumpa. Ved flere anledninger ble det også dosert mindre enn styringssignalet inn til pumpa skulle tilsi. Det er derfor mistanke om at pumpa til tider ikke gir rett vannglassvolum ved utpumping. Ut fra disse erfaringer foreslås derfor at doseringspumpa skiftes med en pumpe med enklere vedlikehold.

Grunnet stadig forandringer i bunnprofil (Høgberget 2004), er det behov for årlig kalibrering av vannføringen. Det er nå utarbeidet en aktuell vannføringstabell relatert til det faste elveprofilet under brua ved Nyvoll. Denne bør nå benyttes til å kalibrere vannføringen ved inntaksbrønnen til doseringsanlegget. Tabellen som er utarbeidet av Agder Energi for MANKALK, og er gjengitt her:

Vanlige maksimaldoser ved flom i 2003 var ca. 17 g/m^3 . I 2004 gikk dosene ned til ca $8\text{--}13 \text{ g/m}^3$ om våren. Imidlertid var de vesentlig høyere om høsten, og lå da på $16\text{--}24 \text{ g/m}^3$. Dermed ble det relativt sett ikke spart vannglass ved årets dosering i forhold til 2003, da pH-kravet var høyere (pH 6,1).



Figur 15. Sammenhengen mellom vannstand og vannføring ved Nyvoll ca. 300 m nedstrøms Logåna doseringsanlegg. Kurven er utarbeidet av Agder Energi på oppdrag fra MANKALK. Den er gjengitt med tillatelse fra MANKALK.

4. Referanser

DN 2002. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2001. DN-Notat 2002-1.

Høgberget, R., 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. NIVA rapport L. nr. 4277.

Høgberget, R., 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. NIVA rapport L. nr. 4415.

Høgberget, R., 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA rapport L. nr. 4488.

Høgberget, R., 2004. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2003. NIVA rapport L. nr. 4904.

Høgberget, R. og Hindar, A., 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA rapport L. nr. 3824.

Høgberget, R., Skancke L. B. og Håvardstun, J., 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2002. NIVA rapport L. nr. 4697.